

Transição e diversificação da matriz elétrica do estado de Roraima através de resíduos sólidos urbanos**Transition and diversification of the electric matrix of the state of Roraima through municipal solid waste**

DOI:10.34117/bjdv6n1-346

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 30/01/2020

Mauro Donizeti Berni

Doutor em Planejamento em Sistemas Energéticos pela UNICAMP

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Pesquisador Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE)

Endereço: Rua Cora Coralina, 330 – Cidade Universitária Zeferino Vaz – Distrito Barão Geraldo –
Campinas - CEP 13083-896

Email: mberni@unicamp.br

Paulo Cesar Manduca

Doutor em Sociologia e Ciência Política pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Pesquisador Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE)

Endereço: Rua Cora Coralina, 330 – Cidade Universitária Zeferino Vaz – Distrito Barão Geraldo –
Campinas - CEP 13083-896

Email: manduca@unicamp.br

RESUMO

As cidades estão no centro da vida econômica e cultural das sociedades modernas. Contudo, os problemas sociais e ambientais aumentam na mesma proporção do crescimento da população urbana. As atividades humanas no nível real de consumo trazem uma quantidade incrível de resíduos sólidos nas cidades. Este é um grande problema ambiental e social, especialmente nas áreas metropolitanas brasileiras. O Governo Federal tem realizado esforços no sentido de implantar uma estrutura regulatória para este fim, todavia ainda, muito aquém do desejável. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi o principal marco regulatório estabelecido com diretrizes para o planejamento local, regional e nacional de tratamento de resíduos sólidos. A prioridade do PNRS é coordenar esforços entre agentes públicos e privados para reduzir a geração de resíduos; logística reversa e exploração de seus subprodutos para geração de energia. Neste artigo, analisa-se os impactos econômicos, sociais e ambientais na geração de energia baseada em resíduos sólidos urbanos no estado de Roraima. Esse estado brasileiro na Amazônia é isolado do sistema elétrico nacional, dependente do suprimento venezuelano ou dos geradores termoelétricos, por isso é fundamental encontrar as fontes mais apropriadas para a segurança energética estadual.

Palavras-chave: Digestão anaeróbia, Biogás, Resíduos Sólidos Urbanos, Matriz Elétrica**ABSTRACT**

The cities lies in the center of economic, cultural life in modern societies. However social and environmental problems rise and increase in the same proportion of the urban population growth. Human activities in the actual level of consumption bring incredible amount of solid waste in the cities. This is specially problem in Brazilian metropolitan areas. In recent years Government has made efforts toward a regulatory framework. In this way the PNRS has been established as a guideline for

local, regional and national planning on waste treatment. PNRS's priority is to coordinate efforts among public and private agents regard to reduce waste generation; reverse logistics and exploitation of their by-product for energy generation. In this article we analyze specially the economic, social and environmental impacts of the energy based on solid waste in Roraima. This Brazilian state in the Amazon is isolated from the national electric system, dependent on the Venezuelan supply or the thermoelectric generators so it is fundamental to find most appropriated sources.

Keywords: Anaerobic digestion, Biogas, Municipal Solid Waste, Electrical matrix

1 INTRODUÇÃO

Os municípios brasileiros em cumprimento a Lei federal 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico passaram a ser os titulares dos serviços de saneamento em sua área territorial. Ainda segundo essa Lei, não constitui serviço público a ação de saneamento executada por meio de soluções individuais, bem como as ações e serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade de seu gerador [1].

Já a Lei Federal 12.305/2010 que instituiu a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) e complementa a Lei citada anteriormente, define resíduos sólidos em seu art. 3º item XVI como: *“resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”*.

Para efeito de análise neste artigo, adota-se a tecnologia de digestão anaeróbia com *reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) de fluxo ascendente e alta eficiência com substrato de matéria orgânica dos resíduos sólidos orgânicos (RSU).

O objetivo deste artigo é analisar a importância econômica, social e ambiental da introdução da produção de energia, através de RSU, na Matriz Energética de Roraima, seja ela elétrica ou térmica, e suas vantagens para o meio ambiente, sociedade e economia.

Além disso, tem-se a análise do ponto de vista teórico de emissões ao substituir energia fóssil, bem como a quantidade de energia elétrica importada da Venezuela que poderá ser deslocada, reduzindo a dependência do único estado brasileiro que não está no Sistema Integrado Nacional (SIN) [2].

2 INTERLIGAÇÃO GURI-BOAVISTA

Em agosto de 2018, a Venezuela ameaçou interromper o fornecimento de energia elétrica ao estado de Roraima. Há 17 anos Roraima recebe energia da Venezuela por meio da linha de

transmissão de energia de Guri. A subestação foi inaugurada em 2001, ainda no governo de Fernando Henrique Cardoso e do então presidente venezuelano Hugo Chavez. Com o agravamento da crise econômica no país vizinho e a falta de manutenção no linhão, o estado enfrenta instabilidade no fornecimento de energia. Ao todo, são 211 quilômetros de linha de transmissão entre Santa Elena, na Venezuela, e Boa Vista, capital de Roraima. Ao menos dois terços da energia consumida no estado são gerados pela usina hidrelétrica de Guri, que fica ao Norte da Venezuela. O restante é produzido por usinas térmicas em território brasileiro.

Autoridades do setor elétrico afastam o risco de um apagão em Roraima, já que o estado poderia ser abastecido pela instalação de mais usinas térmicas. Mas essa alternativa teria um custo elevado. Duas outras alternativas estão postas.

A primeira possível solução para os problemas de abastecimento de energia elétrica em Roraima é a interligação do estado ao SIN. Para isso, é necessário construir uma linha de transmissão, chamada de linhão de Tucuruí, para ligar Manaus a Boa Vista. A obra foi licitada em 2011, no entanto, dos cerca de 700 quilômetros totais da ligação, 123 passam por uma reserva indígena. Por falta de licenciamento para a construção de rede no território dos índios waimiri-atroari, o projeto até hoje não saiu do papel. A outra alternativa é analisada neste artigo e foca os RSU e a geração descentralizada, tendo-se como prioritário o atendimento do município de Boa Vista.

A interligação Guri (Venezuela) – Roraima (Boa Vista-Brasil) foi construída com o intuito específico de melhorar a qualidade e o custo do atendimento de Boa Vista, capital do estado de Roraima. O sistema elétrico que atendia Boa Vista apresentava custos elevados na medida em que era atendida por grupos geradores movidos a óleo combustível. Em 1997, foi assinado um contrato entre a Eletronorte, subsidiária da Eletrobrás e a Electrificación Del Caroní – EDELCA, empresa venezuelana, para a construção de sistema de transmissão de 676 km, sendo 485 km na Venezuela e 191 km no Brasil. Esta linha de transmissão permitiu conectar o complexo hidrelétrico de Guri - Macágua com a cidade de Boa Vista. O contrato garante a compra de energia ao longo de 20 anos, em montante contratado de 200 MW. O sistema entrou em operação em 2001, diminuindo os altos gastos com operação, manutenção e favorecendo o crescimento do mercado de energia elétrica, principalmente com a instalação de indústrias na região.

3 PANORAMA DOS RSU EM BOA VISTA

O Município de Boa Vista localiza-se na margem direita do Rio Branco, a uma altitude de 90 metros acima do nível do mar, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude N: 2° 49' 17''; Longitude W: 60° 39' 45''. Seus limites são ao norte com os municípios de Amajari, Pacaraima e

Normandia; ao sul com os municípios de Mucajaí e Alto Alegre; ao leste com os municípios de Cantá e Bonfim e a oeste com o município de Alto Alegre (Fig. 1).

Figura 1: Posição geográfica de Boa Vista no território nacional



Fonte: [3]

A estrutura econômica está baseada pelo emprego, sobretudo, pelo setor público que emprega o maior contingente, seguido do setor comercial. A atividade industrial se concentra nos setores de construção civil, produtos alimentícios, madeireiro e mobiliários, metalúrgicos e material gráfico. Os setores primários estão embasados na pecuária e na agricultura de arroz irrigado. Outras culturas de importância são a soja, o milho, produtos agroflorestais e as oleaginosas. A piscicultura também, apresenta um potencial promissor, favorecido pelo potencial hídrico do Estado. No setor de serviços o Estado apresenta expressão em gastronomia, franquias, automotivos, hotelaria e serviços relacionados a saúde [3].

Os serviços de coleta e manejo de RSU é executado por meio de empresa terceirizada e destinado ao aterro sanitário municipal. O aterro sanitário tem a presença de catadores informais que utilizam o espaço para retirada de resíduos recicláveis como fonte de renda. Boa Vista, com a maior taxa de urbanização e de concentração urbana do Estado, apresenta vários problemas, sobretudo pela ausência de um sistema de tratamento e disposição final dos RSU [4].

Todos os RSU são destinados ao aterro sanitário sem processo prévio de coleta seletiva. Tecnicamente a área não é considerada um aterro sanitário e sim um lixão, por não atender as normas técnicas atuais (Fig. 2).

Figura 2: Lixão de Boa Vista



Fonte: [4]

4 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos necessários para realização deste trabalho consistiram em coletas de dados primários ou secundários, em centros de pesquisa afins, bibliografias e na internet. Teve motivo exploratório por ser necessário ter uma visão panorâmica ou mais abrangente sobre o uso dos RSU como fonte de energia elétrica, como também descritivo por estabelecer relações entre as tecnologias disponíveis comercialmente e as diversas variáveis técnicas, econômicas, sociais e ambientais. Este artigo visa identificar possíveis alternativas tecnológicas para sustentar a implantação de políticas públicas envolvendo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

4.1 TECNOLOGIA DA DIGESTÃO ANAERÓBICA COM REATOR UASB.

Um problema que atinge várias cidades do país é a deficiência no tratamento dos RSU. Na maioria dos casos, o RSU coletado nas áreas urbanas não recebe nenhum tipo de tratamento antes de ser despejado em aterros sanitários e lixões gerando vários impactos ambientais.

No Brasil, as soluções de tratamento de esgoto e de RSU, comumente utilizam a tecnologia da digestão anaeróbia para reduzir a contaminação do meio ambiente. Os reatores tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) começaram a serem utilizados no Brasil na década de 80. Possui estrutura simples, altas taxas de tratamento, produz lodo já estabilizado e a um custo bastante atraente [5].

O reator UASB constitui-se de uma câmara fechada, por onde o esgoto passa em sentido ascendente e é degradado, levando à diminuição do volume de sólidos e estabilização do lodo,

gerando também como resíduo o biogás. O biogás proveniente dos RSU é composto principalmente por metano, importante causador do efeito estufa. Para este trabalho, analisa-se a alternativa de geração de energia elétrica para diminuir os impactos ambientais provocados pela emissão dos gases constituintes do biogás.

4.2 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA DOS RSU EM BOA VISTA

Uma das maneiras de se tomar a estimativa do potencial de geração de energia do biogás é através do seu poder calorífico inferior (PCI). O PCI do biogás varia de acordo com o resíduo que o originou segundo alguns fatores.

Resíduos compostos por matéria orgânica de fácil degradação, como lipídeos, carboidratos e proteínas, possuem maior teor de metano. A lignina, por exemplo, dificulta o processo.

O biogás rico em metano apresentará um poder calorífico superior (PCS) aos que apresentarem maior quantidade de gás carbônico. Regiões de clima tropical possuem maior taxa de geração de biogás devido a faixa de temperatura ser ideal para a atividade metabólica das bactérias.

A presença de oxigênio também altera a composição do biogás, dado que as bactérias formadoras de metano são anaeróbias e o oxigênio causara maior produção de gás carbônico. Também é importante a manutenção do pH em uma faixa entre 6,0 – 8,0 [6].

A composição dos resíduos de um local varia entre diferentes regiões de acordo com o número de habitantes do município, o nível educacional da população, o poder aquisitivo e o nível de renda familiar, os hábitos e os costumes da população, as condições climáticas e sazonais e a industrialização de alimentos [7].

Para o cálculo do potencial de geração de energia (PGE) dos RSU em Boa Vista, adota-se dados da Tabela 1.

TABELA 1 - PROPRIEDADES DO BIOGÁS

COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS	60% CH ₄ – 40% CO ₂
PCI CH ₄ (KWH/KG)	13,88
PCI CH ₄ (KCAL/M ³)	4.613
DENSIDADE CH ₄ (KG/NM ³)	0,656

Fonte: Adaptado de [6] e [9]

5 RESULTADOS

De acordo com a Associação de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) [8] no município de Boa Vista foram produzidos 0,94 kg de RSU por habitante dia em 2016. O município possui 326.421 habitantes, portanto, pode-se estimar que foram produzidas

110.460 toneladas de RSU. Deste total, assume-se que 2% foram segregados e reciclados de alguma forma. Assim:

$$(0,94 \text{ kg/hab.dia} \times 326.421 \text{ habs.} \times 0,98 \times 360)/1000 = 108.252 \text{ tons. RSU/ano.}$$

Apenas a fração orgânica desses RSU é capaz de produzir o biogás, mas a composição gravimétrica é difícil de ser avaliada pela inexistência de procedimentos padrões, pela heterogeneidade das amostras e pela forma de disposição desses resíduos ou tipo de aterro, entre outros fatores já discutidos.

5.1 PGE

Seguindo a estimativa da PNRS, para o cálculo do potencial de geração de energia (PGE), assumiu-se que de todo o RSU após a coleta, 60% corresponde a matéria orgânica. Essa fração corresponde a 64.951 toneladas de matéria orgânica no município de Boa Vista.

Considerando-se a relação de produção de biogás de 216 Nm^3 por tonelada de matéria orgânica de RSU [9] [10], tem-se uma produção anual de biogás de $14.029.416 \text{ Nm}^3$ no município de Boa Vista, Roraima. Sendo 60% do biogás CH_4 (Tabela 1) tem-se aproximadamente 8,42 milhões de metros cúbicos de CH_4 ou a média de $980 \text{ Nm}^3/\text{h}$. O PGE anual é calculado conforme segue.

$$PGE = 8,42 * 10^6 \text{ Nm}^3 (\text{CH}_4) * 13,88 \text{ Kwh/kg} * 0,656 \text{ kg/Nm}^3. PGE = 76,6 * 10^6 \text{ KWh.}$$

5.2 POT

Para o cálculo da potência teórica (KW), adota-se um moto-gerador com eficiência de 30% aplicado a equação se segue.

$$POT = (Q * PCI * n) / 860,$$

Sendo:

POT = potência gerada,

Q = vazão de biogás estimada ao longo da vida útil do aterro sanitário (m^3/h),

n = eficiência moto-gerador adotado de 30% e 860 a conversão kcal para kW.

$$POT = (980 * 4.613 * 0,30) / 860, fornecendo POT = 1577 \text{ KW.}$$

6 CONCLUSÕES

A maior parte dos empreendimentos realiza o aproveitamento do gás produzido espontaneamente pela decomposição nos aterros sanitários em motores ciclo Otto ou, após limpeza do biogás, em turbinas. Apesar de acoplada a um sistema sanitário existente, o que reduz custos, este tipo de usina convive com a incerteza quanto à disponibilidade do combustível.

Este artigo mostra uma alternativa a esta solução, mais eficiente na produção de energia através da utilização da tecnologia de digestão anaeróbia e reator UASB, anexo ao aterro sanitário.

Em todos os casos em que ocorre a suspensão de energia elétrica da Venezuela, o Estado de Roraima opera com o parque térmico das usinas de Monte Cristo (125 MW), Floresta (40 MW), Distrito (40 MW) e Novo Paraíso (12 MW), totalizando 217 MW. Esta potência instalada despachando energia elétrica, consome diariamente 1 milhão de litros de óleo Diesel, a custo que varia entre R\$ 3,5 a R\$ 4 milhões. O Estado de Roraima tem uma autonomia de tancagem de 10 dias para um consumo diário de 1 milhão de metros cúbicos de óleo, considerando 100% do fornecimento sendo suprido pelas térmicas.

No curto prazo a geração de energia elétrica através de Usinas Termoelétricas (UTE) com combustível óleo Diesel, é inevitável, porém muito onerosa para a sociedade.

No médio prazo uma usina a biogás com RSU visando a geração de energia elétrica é uma opção a ser prospectada tendo em vista o potencial técnico de geração de energia (PGE), obtido para o município de Boa Vista de $76,6 * 10^6$ KWh.

Os resultados preliminares indicam que o aproveitamento energético dos RSU pode ser uma alternativa desde que a variável ambiental seja precificada, e seja calculado o potencial econômico, visto que o mercado consumidor demanda energia elétrica a ser produzida.

Neste contexto, pode-se ter uma excelente alternativa para enfrentar o desafio da demanda energética, impactos ambientais e o bem-estar social na cidade de Boa Vista, através de saneamento básico. Potenciais técnicos são aqueles que levam em conta apenas restrições tecnológicas para serem implementados, enquanto que potenciais econômicos são aqueles que, além de considerarem as restrições tecnológicas, levam em conta, também, eventuais restrições econômicas, como, por exemplo, acesso à créditos vantajosos, eventuais incentivos fiscais, taxas de retorno almejadas, etc [11].

O potencial técnico representa a difusão máxima das medidas, considerando que todos os equipamentos e processos serão substituídos por outro mais eficientes quanto ao consumo de energia e abatimento de emissões.

No longo prazo a solução definitiva é a ligação de Roraima ao SIN com a construção do linhão de Tucuruí. Isso já foi planejado em 2011, durante o governo Dilma Rousseff. Só que essa proposta ainda não saiu do papel.

O linhão vai ligar Manaus, no Amazonas, a Boa Vista, em Roraima. Serão, ao todo, 721 quilômetros. Com isso, permitirá que Roraima tenha acesso ao sistema nacional de energia e não fique mais dependente da Venezuela. O projeto foi licitado em 2011, ao custo de R\$ 1,1 bilhão.

Como indicativos para a implantação de Usina Termoelétrica a Biogás (UTB) para geração de energia elétrica, tem-se dados da Tabela 2 para fins comparativos:

Tabela 2 – Consumo de energia elétrica no Estado de Roraima

	2013	2014	2015	2016	2017
Consumo (GWh)	705	802	883	915	918
Residencial	357	416	456	471	476
Industrial	18	20	23	26	24
Comercial	156	175	201	203	207
Rural	29	34	34	37	38
Poder público	89	95	100	99	100
Iluminação pública	31	35	38	48	41
Serviço público	22	24	29	27	28
Consumo próprio	3	3	3	3	3

Fonte: [12]

O aproveitamento dos RSU em UTB e, posterior geração elétrica, supriria os consumos verificados em iluminação pública, industrial e serviço público em Boa Vista. Especificamente, em relação ao setor comercial poderia atender em até 37% do consumo verificado em 2017. Em termos do Estado de Roraima, implantação de uma UTB em Boa Vista permite atender 8,3% do consumo.

Para a geração da demanda total de 918 GWh consome-se um (1) milhão de litros de óleo Diesel por dia. No cenário da implantação de uma única UTB seriam deslocados 83.442 litros de óleo Diesel, representando uma economia diária de R\$ 317.000 (3,78 R\$/l), aproximadamente R\$ 6,5 milhões por mês. Como vantagem tem-se uma diminuição de $8,5 * 10^6$ Kg CO₂ por mês (3,41 Kg CO₂ / litro óleo Diesel).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [12], o consumo médio de energia de uma residência foi 154 kWh/mês no ano de 2016 no Brasil. Considerando um PGE de $76,6 * 10^6$ KWh seria possível abastecer cerca de 50 mil residências por ano no município de Boa Vista, praticamente todos os consumidores residenciais de aproximadamente 161.714 pessoas.

No tocante aos custos envolvidos para a implantação de uma UTB as informações existentes mostram grandes variações por conta de características gravimétricas dos RSU. Para efeito comparativos, adota-se dados de [13] e [14]. Uma UTB de 2,5 MW tem um custo médio de implantação de R\$ 11 milhões (100 t/dia). Pelos volumes de RSU produzido em Boa Vista ter-se-ia a necessidade de implantar três UTBs de 1,6 KW, importando em um custo de R\$ 33 milhões. Observe que o Linhão Tucuruí a principal alternativa de longo prazo para colocar o Estado de Roraima no SIN, foi licitado em 2011 por R\$ 1,1 bilhão.

Uma alternativa sustentada de política pública seria priorização de UTB já no curto prazo e paulatinamente buscar a colocação do Estado de Roraima no SIN. Os resultados deste artigo colocam aos agentes públicos uma solução com tecnologia dominada e comercialmente disponível, incentivando o atendimento dos ODS na Região Norte do Brasil, enquanto em paralelo realiza as obras de longo prazo das linhas de Transmissão Manaus a Boa Vista.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O metano é cerca de 20 vezes mais eficaz em prender calor na atmosfera e é encontrado em alto teor no óleo Diesel. O óleo Diesel requer um sistema de transporte rodoviário com altos índices de emissão de gases. Os resultados preliminares deste estudo indicam que o aproveitamento energético dos RSU é uma excelente alternativa para enfrentar o desafio da demanda energética, impactos ambientais, o bem-estar social nas cidades, através de saneamento básico.

REFERÊNCIAS

- [1] Cury, M.A. et al, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Boa Vista, PMGIRS, Comitê Executivo do PMGIRS, Prefeitura Municipal de Boa Vista, 2017, 222 p.
- [2] Ferreira, S.F. et al, Environmental impact assessment of end-uses of biomethane, Journal of Cleaner Production, JCLEPRO-D-18_14305R2, Elsevier Editorial, 2019.
- [3] Cury, M.A. et al, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Boa Vista, PMGIRS, Comitê Executivo do PMGIRS, Prefeitura Municipal de Boa Vista, 2017.
- [4] Gomes, M.L. et al, Geografia, Coleta seletiva: realidade e utopia na cidade de Boa Vista – RR, Ensino & Pesquisa, ISSN: 2236-4994 DOI: 10.5902/2236499424491, n.3, Vol. 21, 2017, n.3, p. 152-164.
- [5] Chernicharo, C. A. L., Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios: Aspectos Metodológicos. 1 edição. Belo Horizonte; PROSAB/FINEP, 2001, 118p.

- [6] Zilotti, H. A. R., Potencial de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto de Cascavel para a geração de energia elétrica. Dissertação - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2012, 39.
- [7] Mattei, G.; Escosteguy, P. A. V., Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados., Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, 2007.
- [8] ABRELPE e GO ASSOCIADOS Estimativa dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo (SP), 2017, 48 p.
- [9] Necker H. S., Rosa A. L. D., Estimativa teórica da geração de biogás do futuro aterro sanitário de Ji-Paraná – RO, <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010969>, Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria, Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 17 n. 17, 2013, p. 3416- 3424.
- [10] KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft eV. <https://www.portaldobiogas.com/biogas-de-residuos-solidos-organicos-urbanos/> , acessado em maio de 2018.
- [11] Gorla, F. D., Potencial técnico de conservação de energia na indústria brasileira, Dissertação de Mestrado FEM, UNICAMP, Campinas, SP, 2009, 146 p.
- [12] EPE, Ministério Minas e Energia, Anuário Estatístico de Energia Elétrica: ano base 2017, 2018, 249 p.
- [13] Martins, L. O. S., Silva, L. T., Carneiro, R. A. F., Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de RSU no município de Santo Antonio de Jesus, BA, Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, v. 2, n. 2, 2017, p. 142-166
- [14] Souza, S. N. M, et al. Custo da Eletricidade Gerada em Conjunto Motor Gerador Utilizando Biogás da Suinocultura. Revista Maringá da Universidade do Estado do Paraná – Unioeste, Cascavel, v. 26, n. 2, 2004.